Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

QUANTITATIVER NACHWEIS DES VORKOMMENS NERVENZELLÄHNLICHER STRUKTUREN IM PRÄDENTIN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Klaus Mayer
aus Stuttgart-Degerloch

1978

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

QUANTITATIVER NACHWEIS DES VORKOMMENS NERVENZELLÄHNLICHER STRUKTUREN IM PRÄDENTIN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Klaus Mayer
aus Stuttgart-Degerloch

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. H.-E. Hoffmeister

Berichterstatter: Professor Dr.Dr.W.T. Klötzer

(Professor Dr.Dr.P. Riethe)

Meinen Eltern

in Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATUR	3
III.	MATERIAL UND METHODE	8
	3.1. Versuchstiere	8
	3.2. Art und Anzahl der Zähne	8
	3.3. Histologische Methode	9
	3.4. Auswertung	9
	3.5. Statistische Methode	12
	3.5.1. Deskriptive Statistik	14
	3.5.2. Prüfstatistik	14
IV.	ERGEBNISSE UND STATISTIK	17
	4.1. Deskriptive Statistik	17
	4.2. Prüfstatistik	17
V.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	24
	5.1. Einfluß der histologischen Methode.	24
	5.1.1. Fixation	24
	5.1.2. Demineralisation	24
	5.1.3. Färbung	24
	5.2. Diskussion der Versuchsergebnisse .	25
	5.2.1. Prüfstatistik	25
	5.2.2. Vergleich einzelner Zonen	26
	5.2.3. Zelldichte im Prädentin	26
	5.2.4. Vergleich Affenzähne - menschliche Zähne	28
	5.3. Grenzen der histologischen Methoden	29
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	30
VI.	SUMMARY	32
VII.	BILDTEIL	33
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	48
	LEBENSLAUF	

I. EINLEITUNG

Seit über hundert Jahren wird versucht, mit Hilfe der Histologie und des Lichtmikroskops die Innervation der Zähne zu klären. Insbesondere waren es die Vorstellungen über die Sensibilität des Dentins, die immer wieder Anlaß zu neuen Diskussionen gaben.
Nach der Entdeckung der Imprägnationsmethode mit Silber- und Goldsalzen lieferte uns BOLL (12) im Jahre 1868 die erste neurohistologische Untersuchung der Zahnpulpa, und seit dieser Zeit folgten zahlreiche Veröffentlichungen zum selben Thema.
So beschreibt allein EIFINGER (20) über 100 Jahre nach BOLL elf denkbare Variationen der Pulpa-Dentin-Innervation. Doch ist bis zum heutigen Tag, trotz verfeinerter Methodik, trotz Elektronenmikroskopie und trotz elektrophysiologischer Untersuchungen kein überzeugender Beweis für die nervöse Rezeption der menschlichen Pulpa und ihrer angrenzenden Hartgewebe erbracht.

Bei der Frage nach der Innervation der Zähne müssen wir zwischen intradentalen und parodontalen Rezeptormechanismen unterscheiden. Von parodontalen Rezeptoren wird in der vorliegenden Arbeit nicht die Rede sein.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist vielmehr eine lichtmikroskopische Untersuchung des Praedentins auf mögliche nervöse Strukturen. Ziel dieser Unter-

suchung ist es, durch quantitative Bestimmung einen Beitrag bei der Suche nach intradentalen Rezeptoren zu leisten.

Die Anregung, dieses Thema zu bearbeiten, ging von Prof. Dr. Dr. W. T. Klötzer aus.

II. LITERATUR

Die Pulpa-Dentin-Innervation im Spiegel der Literatur.

Es ist bekannt, daß das Bohren im Dentin ohne Lokalanästhetika Schmerzen verursacht. Die gleichen Erfahrungen machen wir, wenn wir die entblößte Dentinoberfläche chemischen, thermischen oder elektrischen Reizen aussetzen.

Wie aber kommt es zur Weiterleitung dieser Reize im Dentin? In dieser Frage gibt es bis heute keine Einigung. Laufend wurden neue Theorien aufgestellt und versucht, diese durch lichtmikroskopische, elektronenmikroskopische und physiologische Untersuchungsergebnisse zu erhärten.

SELTZER (42) liefert eine Zusammenfassung über die hypothetischen Mechanismen der Reizleitung im Dentin.

FEARNHEAD (23) gibt einen lückenlosen Überblick über die lichtmikroskopischen Untersuchungen und ihre Ergebnisse bezüglich der Pulpa-Dentin-Innervation. Dabei fällt auf, daß es grundsätzlich drei verschiedene Theorien zur intradentalen Reizleitung im Zahn gibt: Die erste Gruppe behauptet, daß Nervenfasern nur im Bereich der Pulpa, und zwar bis zum Odontoblastensaum nachzuweisen sind (15). Beweis: 1. Lokalanästhetika versagen im Dentin (1).

2. Substanzen, die bei offener Pulpa Schmerzen auslösen, lösen am Dentin keine Schmerzen aus (13,18).

Die anderen dagegen meinen, genügend Beweise für das Vorhandensein von Nervenfasern im mineralisierten Dentin zu haben (16,17,21,22,23,31,37).

Beweis: 1. Versuche von HENSEL und MANN (30) und NAYLOR (35).

2. Histologischer Nachweis

3. FEARNHEAD (23): "In my view it is inconceivable that the odontoblast could perform the function of a "special sensory receptor cell" and at the same time function as the spezialized formative cell of dentine".
("Meiner Meinung nach ist es unwahrscheinlich, daß die Odontoblasten die Funktion einer besonderen sensorischen Rezeptorzelle übernehmen und gleichzeitig als spezialisierte Dentinbildner tätig sind").

Die dritte Gruppe wiederum glaubt nur an das Auftreten von Nervenfasern bis ins Praedentin, nicht aber im mineralisierten Dentin (3,36,38).

Aus der zweiten Gruppe sind besonders die Arbeiten von FEARNHEAD (21,22,23,24) zu nennen, in denen er Nervenfasern beschreibt, die sich bis ins erste Drittel des mineralisierten Dentins erstrecken. Für ihn war nicht allein die Färbbarkeit mit Silbersalzen ausschlaggebend

für die Diagnose "Nervenfaser". Für diese Diagnose mußten noch weitere 6 Bedingungen erfüllt sein, bevor FEARNHEAD (22) sie als Nervenfaser anerkannt hat.

Die Ansicht FEARNHEAD's wurde bestätigt durch die elektronenmikroskopischen Untersuchungen von FRANK (25,26,28), ROUNE et al. (39), ARWILL et al. (5,6,7). Über die Lage der Nervenfasern innerhalb des mineralisierten Dentins besteht weitgehende Einigkeit. Sie liegen intratubulär (11,16,23,37) in enger Nachbarschaft zu den Odontoblastenfortsätzen (7,17,26). Über den Verlauf dieser "nervenähnlichen Strukturen" im Praedentin gehen die Meinungen auseinander. HELD und BAUD (29) und ARWILL (7) beschreiben den Verlauf wie im Dentin streng parallel zu den Odontoblastenfortsätzen. Die Mehrzahl der Autoren aber gibt neben einem intratubulären Verlauf auch einen von der Richtung der Tomesschen Fortsätzen abweichenden Verlauf an (4,8,17,19,23,37).

Bei der Überarbeitung der Literatur, die sich vornehmlich mit der Neurohistologie der Zahnpulpa befaßt, fällt auf, daß fast nur von Nervenfasern, bzw. "nerve like structures" die Rede ist, nicht aber von zellulären Elementen mit nervösem Charakter.

Lange Zeit war BERNICK (8) der einzige, der "bodylike, globular, ovoid, elongated, and pearshaped structures" ("körperähnliche, globuläre, ovale, längliche und birnenförmige Strukturen") im Praedentin menschlicher Zahnschnitte beobachtete. Er konnte auch argyrophile Fasern bis zu diesen Strukturen im Praedentin verfolgen. In der Zusammenfassung des gleichen Artikels äußert er aber die Vermutung, daß diese Gebilde degenerierte Odontoblasten seien, die in der Dentinmatrix eingeschlossen wurden, und nicht die "so-called special nerve endings".

Erst 1969 beschreibt STEWART et al. (43) wieder zelluläre Elemente im Praedentin, die sich deutlich von eingemauerten Odontoblasten ("trapped odontoblasts") unterscheiden, d.h. nicht intratubulär und nicht in der gleichen Achsenrichtung wie die Odontoblastenfortsätze liegen, sondern innerhalb der Dentinmatrix liegen, ohne eine seitliche Verdrängung der Dentintubuli hervorzurufen. Das Cytoplasma ist zum Teil multipolar und endet oft in Fortsätzen, die quer zu den Tubuli liegen. STEWART, dessen Präparate mit Methylenblau gefärbt waren, glaubt in diesen Zellen entweder Induktorzellen für die Differenzierung der Fibroblasten zu Odontoblasten, oder periphere Rezeptoren, oder aber multipolare Neurone, die aus der Neuralleiste stammen, gefunden zu haben. Nach ihm wird dieser Zelltyp auch "Stewart-Zelle" genannt.

LANGELAND (33) bezeichnet diese Strukturen ebenfalls als Zellen, die multipolaren Neuronen gleichen. Er bezieht sich dabei u.a. auf persönliche Unterredungen mit STEWART im Jahre 1967.

LANGELAND und YAGI (34) beobachten im Praedentin menschlicher Prämolaren und Molaren die gleichen Zellen, die sich deutlich unterscheiden von aspirierten Odontoblasten, durch teils bi- teils multipolare Fortsätze, die bis zu 20 Dentintubuli kreuzen.
In derselben Untersuchung machen sie auch die Beobachtung von Faserstrukturen im mineralisierten Dentin, die ebenfalls nicht dem Verlauf der Tomesschen Fortsätze folgen und dieselben Färbeeigenschaften haben wie Nerven der Pulpa. Sie benützen neben einer Methylenblaufärbung auch Alcianblau-PAS, BodianProtargol und Hämatoxylin-Eosin.
LANGELAND und YAGI glauben, daß diese "Stewart-Zellen" im Praedentin und Dentin eine bedeutend bessere Erklärung für das Auftreten von Schmerzsensationen seien, als die "mechanoreceptor theory" von BRÄNNSTRÖM et al. (14).

Diese sich deutlich von aspirierten Odontoblasten unterscheidenden Zellen im Praedentin sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Es wird versucht, eine Aussage über die Häufigkeit ihres Auftretens zu machen.

III. MATERIAL UND METHODE

Als Material zur Auszählung der oben beschriebenen Strukturen dienten histologische Serienschnitte von Affenzähnen. Diese wurden mir freundlicherweise von Prof. Dr. Dr. KLÖTZER zur Verfügung gestellt.

3.1. Versuchstiere

Es handelt sich um Zähne von weiblichen Affen der Rhesusfamilie. (Macaca mulatta, nemestrina und speciosa). KLÖTZER (32) gibt eine ausführliche Beschreibung dieser Versuchstiere, deren Haltung und Behandlung, wie auch über die Gewinnung des Pulpenbereichs und über die histologische Bearbeitung.

3.2. Art und Anzahl der Zähne

Für die vorliegende Arbeit kamen von sieben Versuchstieren die Eckzähne und die mittleren Schneidezähne zur Auswertung. D.h. es wurden insgesamt 56 Zähne untersucht, davon 28 Eckzähne und 28 Schneidezähne. Die Versuchstiere trugen die Bezeichnung KMo 2 - KMo 8.

3.3. Histologische Methode

Als Fixationsmittel diente 10%iges, neutralgepuffertes Formalin. Um eine rasche Penetration des Fixationsmittels zu gewährleisten, wurden die approximalen Schmelz-dentinpartien soweit entfernt, bis die Pulpa durch-schimmerte. Das Gewebe blieb wenigstens 48 Stunden im Fixationsmittel liegen. Es folgte die Entkalkung mit einer Natriumcitrat-Ameisensäurelösung. In dieser Lösung blieben die Zähne ca. 14 - 18 Tage. Im Anschluß an die Entkalkung wurde das Gewebe für wenigstens 4 - 8 Stunden im laufenden Leitungswasser gewaschen. Nach Entwässerung, Clearing und Einbettung in Paraffin wurden ca. 6 µ dünne Serienschnitte durch die gesamte Pulpa hergestellt. Von diesen Serienschnitten wurde ca. jeder dritte mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Diese H&E-gefärbten Schnitte dienten mir zur Auswertung.

3.4. Auswertung

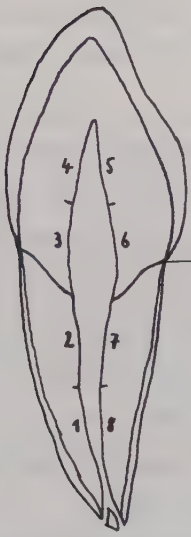
Für die Auswertung wurde das Praedentin in acht Zonen aufgeteilt (siehe Zeichnung 1). Zone 1, 2, 3 und 4 liegen vestibulär, Zone 5, 6, 7 und 8 oral. Zone 1, 2, 7 und 8 liegen radikulär, Zone 3, 4, 5 und 6 koronal. Die Einteilung in Zonen ist an sich willkürlich, wurde aber wie folgt bestimmt: Von der Schmelz-Zementgrenze (SZG) wurden Dentinkanälchen bis zu ihrem Anfang im

Praedentin verfolgt (21). Diese Stelle galt als Grenze zwischen radikulärem und koronalem Anteil. Die Grenze zwischen der Zone 1 und 2 bzw. 7 und 8 und der Zone 3 und 4 bzw. 5 und 6 wurde durch Halbierung des radikulären bzw. koronalen Anteils bestimmt.

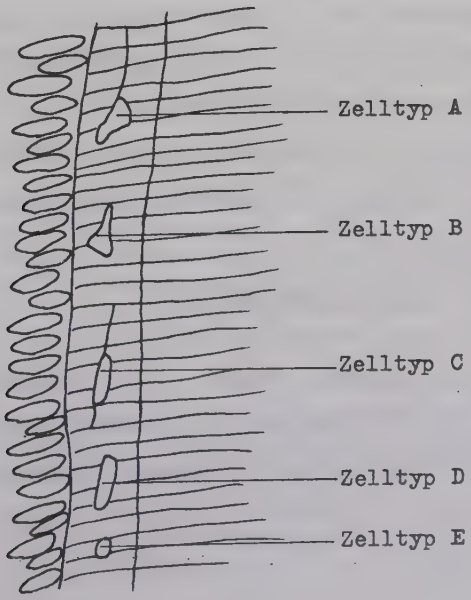
Ausgewertet wurden nur die Zonen, die in ihrer ganzen Größe im histologischen Schnitt erhalten waren. Zonen, die z.B. durch einen Artefakt teilweise zerstört waren, wurden nicht berücksichtigt. Zone 1 und 8 wurde ganz von der Auswertung ausgeschlossen, da sie nur bei einem Zahn in vollem Umfang zu sehen war; in allen anderen Präparaten fehlte die Wurzelspitze, was auf die Entnahme der Kiefer en bloc zurückzuführen ist. Es bleiben also pro Zahn 6 Zonen, die zur Auswertung geeignet waren, zwei im radikulären Teil des Zahnes (Zone 2 und 7) und vier im koronalen Anteil (Zone 3, 4, 5 und 6).

Ebenso erfolgte eine Einteilung der Zellen, nach denen in den einzelnen Zonen des Praedentins gesucht wurde (siehe Zeichnung 2).

Zeichnung 1:



Zeichnung 2:



Es wurden fünf Zelltypen klassifiziert und mit den Großbuchstaben A, B, C, D und E bezeichnet (siehe auch Kap. VII):

Zelltyp A: Multipolare Zelle mit Zellfortsatz, der nicht im Verlauf der Dentinkanälchen liegt.

Zelltyp B: Multipolare Zelle ohne Fortsatz

Zelltyp C: Längliche Zelle mit Zellfortsatz, wobei die Zelle und der Fortsatz nicht im Verlauf der Dentinkanälchen liegen.

Zelltyp D: Längliche Zelle ohne Zellfortsatz, wobei die Zelle nicht im Verlauf der Dentinkanälchen liegt.

Zelltyp E: Runde Zelle; eine Beurteilung ihrer Lage zu den Dentinkanälchen ist nicht möglich.

Längliche Zellen, deren Längsachse parallel zu den Dentinkanälchen verlief, wurden nicht ausgezählt, da es sich bei diesem Typ wahrscheinlich um aspirierte Odontoblasten handelt. So ergab sich für die Auszählung am Mikroskop der auf Seite 13 abgedruckte Erhebungsbogen.

3.5. Statistische Methode

In statistischen Fragen ist die deskriptive Statistik von der Prüfstatistik zu unterscheiden. Beide Formen kamen bei der Auswertung des Zahlenmaterials zur Anwendung.

Muster: Auswertungskarte von Zahn "13" des Affen "KMo 2"

KMo 2 Zahn 13

Zone / Schnitt		2					3					4					5					6					7				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
①	1										𝍸				1	11					1			1							
	3										11				1	11				111	1										
	5										1					111				1						1					
④	1									1	1								1	1	11										
	3									1						1										1					
	5									11	11					1															
⑦	1										11				1						1					11					
	3					1					111					1		1													1
	5					1				1						1															1
⑩	1					1			1						1																
	3				1	1										1								1							
	5				1					1	1				1											1					
⑬	1			1																						1					
	3																				11					111					

3.5.1. Deskriptive Statistik

Mittels der deskriptiven Statistik wurden die Ergebnisse, d.h. die Häufigkeiten der gefundenen Zellen in Tabellen zusammengefaßt.

3.5.2. Prüfstatistik

Um festzustellen, ob sich diese unabhängig voneinander beobachteten Häufigkeiten signifikant unterscheiden, kam die Prüfstatistik in Form des Vierfelder-chi^2-Test (zweiseitiger Test) zur Anwendung.

Die folgende Tafel zeigt die allgemeine Form einer Vierfeldertafel:

Merkmalspaar II / Merkmalspaar I	Ereignis	Komplementär-ereignis	Randsumme
Erste Stichprobe	a	b	a+b = n_1
Zweite Stichprobe	c	d	c+d = n_2
Insgesamt	a+c	b+d	n_1+n_2 = n

Merkmalspaar I (erste Stichprobe und zweite Stichprobe) waren bei dieser Auswertung:

1. Eckzahn - Schneidezahn
2. Oberer Eckzahn - Unterer Eckzahn
3. Oberer Schneidezahn - Unterer Schneidezahn
4. Vestib. Zonen - Orale Zonen (Eckzahn)
5. Vestib. Zonen - Orale Zonen (Schneidezahn)
6. Zone 2 und 7 - Zone 4 und 5 (Eckzahn)
7. Zone 2 und 7 - Zone 4 und 5 (Schneidezahn)
8. Zone 3 und 6 - Zone 4 und 5 (Eckzahn)
9. Zone 3 und 6 - Zone 4 und 5 (Schneidezahn)

Merkmalspaar II (Ereignis und Komplementärereignis) war immer gleich:

Ereignis: Häufigkeit des Zelltyps A, B, C und D. Zelltyp E (runder Zelltyp) wurde nicht mit ausgewertet, da er sich nicht eindeutig von aspirierten Odontoblasten differenziert.

Komplementärereignis: Häufigkeit der "nicht vorhandenen Zellen". Diese Häufigkeit berechnet sich aus der Differenz von Randsumme und Ereignis.

Randsumme: Da keine festen Randsummen gegeben waren, wurden sie wie folgt definiert: Häufigkeit der Zellen, die maximal hätten vorkommen können. D.h.: Die deskriptive

Statistik ergab, daß pro Zone maximal drei Zellen gefunden wurden, also die maximal zu erwartende Zellenzahl (=feste Randsumme) das Produkt aus ausgewerteter Zonenzahl mal drei ist.

Mit einem Freiheitsgrad und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ist laut Tabelle über Schranken der Chi^2-Verteilung (40)

$$Chi^2_{0,05} = 3,84$$

D.h.: Ist beim Vergleich zweier unabhängig beobachteten Häufigkeiten Chi^2 größer als 3,84, so besteht ein signifikanter Unterschied mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von 95 %.
Einzelheiten zum Chi^2-Test können bei L. SACHS (40) nachgelesen werden.

IV. ERGEBNISSE UND STATISTIK

4.1. Deskriptive Statistik

In den Tabellen I - VII werden die Anzahl der ausgewerteten Zonen, und die Häufigkeiten beschrieben, wobei nach dem Zahntyp (Zahn 13, 23, 33, 43, 11, 21, 31 und 41), nicht aber nach dem Versuchstier unterschieden wird.

Tabelle IX und X sind je eine Zusammenfassung der Tabellen 1 - 4 bzw. 5 - 8. Sie bieten einen Vergleich zwischen den vier Eckzähnen und den vier mittleren Incisivi.

4.2. Prüfstatistik

Tabelle XI zeigt die Ergebnisse des Chi^2-Tests. Alle Chi^2-Werte, die größer als 3,84 waren, wurden unterstrichen.

Tabelle I
Zahn 11

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	85	0	0	7	34	64	41	105
3	110	1	2	21	139	199	163	362
4	114	1	0	4	59	116	64	180
5	117	1	2	5	40	96	48	144
6	127	0	1	21	138	181	160	341
7	69	0	0	0	18	20	18	38
$\sum$	622	3	5	58	428	676	494	1170

Tabelle II
Zahn 21

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	42	0	1	1	24	17	26	43
3	74	2	4	3	76	97	85	182
4	79	0	0	2	45	78	47	125
5	79	0	0	5	45	76	50	126
6	76	0	0	5	96	95	101	196
7	41	0	1	1	16	18	18	36
$\sum$	391	2	6	17	302	381	327	708

Tabelle III
Zahn 31

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	25	0	1	3	14	14	14	32
3	58	1	2	4	32	46	39	85
4	87	0	2	4	42	58	48	106
5	89	1	1	3	52	85	57	142
6	55	0	0	2	30	71	32	103
7	13	0	0	0	5	13	5	18
$\sum$	327	2	6	16	175	287	199	486

Tabelle IV
Zahn 41

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	21	1	2	10	23	35	36	71
3	56	0	1	4	37	54	42	96
4	67	0	0	0	36	49	36	85
5	69	0	1	4	37	73	42	115
6	67	2	3	3	39	68	47	115
7	27	3	1	1	9	12	14	26
$\sum$	307	6	8	22	181	291	217	508

Tabelle V
Zahn 13

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	139	0	1	9	34	40	44	84
3	151	1	2	12	96	83	111	194
4	162	1	1	5	112	150	119	269
5	147	0	2	7	91	108	100	208
6	137	0	2	7	79	81	88	169
7	124	0	0	7	35	69	42	111
$\sum$	860	2	8	47	447	531	504	1035

Tabelle VI
Zahn 23

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	119	0	0	9	53	70	62	132
3	149	0	2	7	64	77	73	150
4	132	0	0	4	58	63	62	125
5	150	0	4	12	86	150	102	252
6	127	0	3	6	97	80	106	186
7	80	0	0	2	41	62	43	105
$\sum$	757	0	9	40	399	502	448	950

Tabelle VII
Zahn 33

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	42	0	2	1	9	7	12	19
3	63	1	2	10	27	28	40	68
4	67	1	2	1	30	30	34	64
5	70	0	1	1	24	42	26	68
6	58	0	1	1	20	29	22	51
7	24	0	0	3	12	5	15	20
$\sum$	324	2	8	17	122	141	149	290

Tabelle VIII
Zahn 43

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	37	4	0	6	34	34	44	78
3	68	0	0	5	26	40	31	71
4	65	1	1	4	29	38	35	73
5	76	0	0	6	48	72	54	126
6	77	6	5	10	62	57	83	140
7	33	0	1	6	15	16	22	38
$\sum$	356	11	7	37	214	257	269	526

Tabelle IX
Mittlere Incisivi (Zahn 11, 21, 31 und 41)

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	173	1	4	21	95	130	121	251
3	298	4	9	32	284	396	329	725
4	347	1	2	10	182	301	195	496
5	354	2	4	17	174	330	197	527
6	325	2	4	31	303	415	340	755
7	150	3	2	2	48	63	55	118
$\sum$	1647	13	25	113	1086	1635	1237	2872

Tabelle X
Eckzähne (Zahn 13, 23, 33 und 43)

Zone	Anzahl der auswertbaren Zonen	Anzahl des Zelltyps A	Anzahl des Zelltyps B	Anzahl des Zelltyps C	Anzahl des Zelltyps D	Anzahl des Zelltyps E	Summe aus A, B, C und D	Summe aus A, B, C, D und E
2	337	4	3	25	130	151	162	313
3	431	2	6	34	213	228	255	483
4	426	3	4	14	229	281	250	531
5	443	0	7	26	249	372	282	654
6	399	6	11	24	258	247	299	546
7	261	0	1	18	103	152	122	274
$\sum$	2297	15	32	141	1182	1431	1370	2801

Tabelle XI

Stichprobe	a	b	c	d	n	Chi^2
1= Eckzahn, 2=Schneidezahn	1370	5521	1237	3704	11832	44,505
1= ob.Eckz., 2=unt. Eckz.	952	3899	418	1622	6891	0,675
1= ob.Schn., 2=unt. Schn.	821	2218	416	1486	4941	16,492
1=vest.Zonen, 2=orale Z. Eckz. (Zone 2+3+4) (Zone 5+6+7)	667	2915	703	2606	6891	7,436
1=vest.Zonen, 2=orale Z. Schn. (Zone 2+3+4) (Zone 5+6+7)	645	1809	592	1895	4941	4,047
1= Zone 2+7, 2=Zone 4+5 Eckz.	284	1510	532	2075	4401	14,734
1= Zone 2+7, 2=Zone 4+5 Schn.	176	793	392	1711	3072	0,100
1= Zone 3+6, 2=Zone 4+5 Eckz.	554	1936	532	2075	5097	2,578
1= Zone 3+6, 2=Zone 4+5 Schn.	669	1200	392	1711	3972	148,750

a,b: Stichprobe 1 c,d: Stichprobe 2 a,c: gezählte Zellhäufigkeit
b,d: Ergänzung auf 3 Mal Zonenzahl

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

5.1. Einfluß der histologischen Methode

5.1.1. Fixation

Vor der Fixation wurden die approximalen Schmelz-Dentinpartien entfernt (siehe Abschnitt 3.3.). Dies hat sich als Notwendigkeit erwiesen, um postmortale Veränderungen oder gar Autolyse einzelner Strukturen zu vermeiden (2,32). Von solchen degenerativen Veränderungen als Folge einer verzögerten Fixierung ist besonders mineralisiertes Gewebe betroffen, da hier die Penetration des Fixationsmittels besonders langsam erfolgt.
Da sich diese Untersuchung auf das nichtmineralisierte Praedentin beschränkt, sind die Gefahren einer verzögerten Fixation durch das oben genannte Verfahren nahezu ausgeschlossen.

5.1.2. Demineralisation

Die Entkalkung erfolgte mit einer Natriumcitrat-Ameisensäurelösung, da mit dieser im Vergleich zu anderen demineralisierenden Lösungen die H&E-Färbung am wenigsten beeinflußt wird (34).

5.1.3. Färbung

Die Schnitte wurden mit H&E gefärbt. H&E ist keine spezifisch Färbung für Nervengewebe. Da sich aber die sogenannten

"Stewart-Zellen" schon morphologisch von aspirierten Odontoblasten unterscheiden, ist dies ohne Bedeutung. So benütze LANGELAND et al. (33) und LANGELAND und YAGI (34) z.T. H&E gefärbte Präparate, um diese Zellen zu demonstrieren. Mit Hilfe spezifischer Färbungen zeigten sie aber, daß diese Strukturen die gleiche Morphologie und Färbeeigenschaft haben wie nachgewiesene sensible Nervenfasern in der Pulpa.

5.2. Diskussion der Versuchsergebnisse

5.2.1. Prüfstatistik

Bei der Bewertung der Prüfstatistik muß man folgende drei Punkte berücksichtigen:

1. Obgleich mit hohen Häufigkeiten gerechnet wurde, sollte man sich darüber im Klaren sein, daß diesem Zahlenmaterial nur 7 verschiedene Versuchstiere zugrunde liegen.
2. Wie in Abschnitt 3. erläutert wurde, waren beim Chi^2-Test keine festen Randsummen gegeben. Diese wurden nach der deskriptiven Statistik definiert.
3. Histologische Untersuchungen sind nie ganz objektiv.

Aus diesen Gründen kann diese Statistik nur eine Tendenz anzeigen.

5.2.2. Vergleich einzelner Zonen

Beim Vergleich einzelner Zonen ist auffallend, daß sowohl beim Eck- als auch beim Schneidezahn in den koronal liegenden Zonen stets mehr Zellen liegen als in den radikulären (siehe Tab. IX und X).
Dieses Ergebnis deckt sich mit der Untersuchung FEARNHEAD's (21), in der er koronal signifikant mehr intratubuläre Nervenfasern nachweisen konnte als radikulär. Im Unterschied zu FEARNHEAD konnte hier nicht in allen Fällen Signifikanz nachgewiesen werden (vergleiche Tab. XI).

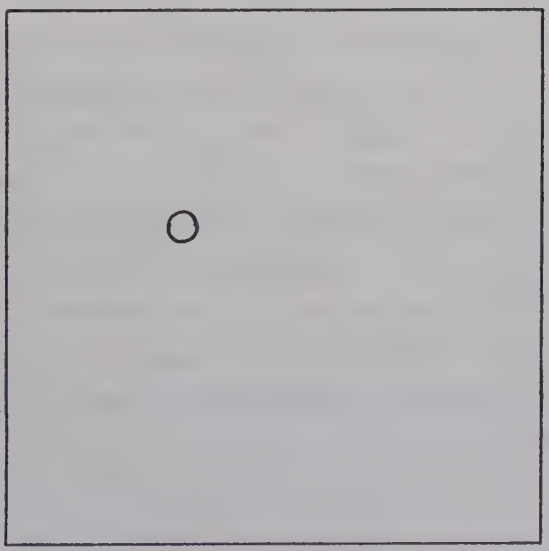
5.2.3. Zelldichte im Praedentin

Die deskriptive Statistik liefert uns zwar wichtiges Zahlenmaterial, gibt uns aber keine Vorstellung von der Dichte dieser Zellen im Praedentin. Mit Hilfe einer einfachen Überschlagsrechnung soll versucht werden, dies zu veranschaulichen.
Aus Tabelle IX und X geht hervor, daß in insgesamt 3944 Zonen 2607 Zellen des Zelltyps A - D (keine aspirierten Odontoblasten) und 5673 Zellen des Zelltyps E (fragliche Zellen) vorkamen. Rechnet man ca. 25 % des Zelltyps E zu den ersteren hinzu, läßt sich sagen, daß pro Zone und pro histologischem Schnitt ca. eine Zelle vorkommt, die sich von aspirierten Odontoblasten unterscheidet.

Bei einem durchschnittlichen Pulpendurchmesser von 0,8 mm und einer Schnittdicke von 0,005 mm bedeutet dies, daß pro Zahn ca. 2000 solcher Zellen im Prädentin liegen.
Unter Voraussetzung der o.g. Zahlen und einer durchschnittlichen Pulpenlänge von 8 mm kommt eine Zelle auf 0,01 mm^2 Prädentinoberfläche.
Bei 1000facher Vergrößerung (Größe einer Zelle im Original 0,005 mm) ergibt sich für die Dichte folgendes anschauliche Bild (Zeichnung 3: Eine Zelle mit Durchmesser 5 mm auf 100 cm^2).

Zeichnung 3:

Schemazeichnung zur Verdeutlichung der Zelldichte im Prädentin (Maßstab 1 : 1000)



5.2.4. Vergleich Affenzähne - menschliche Zähne

Bei der Diskussion der Ergebnisse müssen wir uns vor Augen halten, daß es nicht Schnitte von menschlichen Zähnen, sondern von Affenzähnen der Rhesusfamilie (macaca mulatta, nemestrina und speciosa) waren. Wie ist diese Tatsache zu bewerten?

Makroskopisch unterscheiden sich Affenzähne in ihrer Größe. Sie beträgt ungefähr ein Drittel der menschlichen. Mikroskopisch haben sie große Ähnlichkeit mit menschlichen Zähnen (32). Ebenso gleichen sich die Pulpareaktionen auf Kavitätenpräparationen mit anschließender Restauration weitgehend (41).

FEARNHEAD (22) schreibt zu diesem Problem:
"Teeth from most of the common laboratory animals were examined histologically but monkeys were found to possess an innervation most closely comparable with that of man. All the features of innervation of the teeth of monkeys closely paralleled that of human teeth ..." ("Zähne der häufigsten Labortiere wurden histologisch untersucht, und man stellte fest, daß Affen eine Innervation hatten, die durchaus vergleichbar war mit der des Menschen. Alle Merkmale der Innervation bei Affenzähnen ähnelten sehr denen von menschlichen Zähnen ...").

Außerdem haben LANGELAND et al. (34) und STEWART et al. (43) Schnitte von menschlichen Zähnen untersucht und dabei denselben Zelltyp gefunden. Wir können davon ausgehen, daß die Ergebnisse dieser Untersuchung weitgehend auf menschliche Verhältnisse übertragen werden können.

5.3. Grenzen der histologischen Methoden

Wie eingangs erwähnt wurde, befähigt uns die Histologie nur dazu, etwas über die Morphologie, die Lage und die Verteilung anatomischer Strukturen zu erfahren. Dies war auch das Ziel dieser Arbeit, nämlich eine quantitative Aussage über die Verteilung von Zellen im Prädentin zu machen, die LANGELAND et al. (34) und STEWART et al. (43) als multipolare Neurone bezeichneten.

In wie weit diese Zellen aber Teil eines direkten Reizleitungssystem sind, die Impulse über Nerven innerhalb des mineralisierten Dentins empfangen, oder Teil eines indirekten Reizleitungssystems sind, die der Vermittlung eines Überträgers, nämlich des Odontoblastenfortsatzes bedürfen, kann lichtmikroskopisch nicht geklärt werden.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war die quantitative Analyse von Zellen im Prädentin, die sich deutlich von aspirierten Odontoblasten unterscheiden und in der Literatur als "multipolare Neurone" bzw. "Stewart-Zellen" bezeichnet werden.

Als Versuchstiere dienten 7 Affen der Rhesusfamilie. Von diesen wurden jeweils die 4 Eckzähne und die 4 mittleren Incisivi histologisch untersucht.
Nach Fixierung mit 10%igem Formalin und Demineralisation mit Ameisensäure wurden ca. 5 - 6 µ dünne, in Paraffin eingebettete Schnitte hergestellt und mit H&E gefärbt. Insgesamt wurden 1145 Schnitte ausgewertet.

Zur Auszählung wurde das Prädentin in 8 Zonen eingeteilt, 4 im koronalen Teil und 4 im radikulären Teil. Die zu suchenden Zellen wurden ebenfalls klassifiziert. Zelltyp A - D unterschieden sich deutlich von aspirierten Odontoblasten. Typ E ist fraglich in Bezug auf Differenzierung von Odontoblasten.

In insgesamt 3944 ausgewerteten Zonen wurden 2607 Zellen des Typs A - D und 5673 des Typs E gefunden.

Dies ergibt eine ungefähre Dichte von 1 Zelle pro 0,01 mm^2 Prädentinoberfläche. Koronal liegen mehr Zellen als radikulär.

VI. SUMMARY

The purpose of this investigation was to determine the number of cells in the predentine, which differ obviously from trapped odontoblasts and are known as "multipolar neurons" in dental literature.

7 rhesus monkeys were used as animals. Of each animal the 4 canines and 4 incisors (11, 21, 31, 41) were examined.

After fixation with 10% formalin and decalcification with formic acid paraffin embedded sections were cut with the microtome (5 - 6 mikrons) and stained with H&E. 1145 sections were evaluated.

For evaluation the predentine was devided into 8 zones, 4 of which were located in the crown and 4 in the root of the tooth. It has been differentiated between 5 cell types in the predentine: Type A - D differed obviously from trapped odontoblasts, type E could not certainly be destinguished from odontoblasts.

In 3944 evaluated zones 2607 cells of type A - D and 5673 cells of type E were found. This is about 1 of these cells / 0,01 mm^2 predentine internal surface.
Numerous cells were found in the coronal zones compared to the apical ones.

VII. BILDTEIL

Die Abbildungen 1 - 14 zeigen Fotos von Ausschnittsvergrößerungen aus dem Prädentin mit den in Abschnitt 3.4. beschriebenen Zellen.

Abbildung 1

Versuchstier: KMo 7

Zahn: 23

Zone: 3

Färbung: H&E

Tripolare Zelle im Prädentin. Ihre Hauptachse liegt quer zu den Dentinkanälchen.

Abbildung 2

Versuchstier: KMo 2

Zahn: 21

Zone: 3

Färbung: H&E

Tripolare Zelle im Prädentin mit einem kurzen intratubulär verlaufenden Fortsatz.

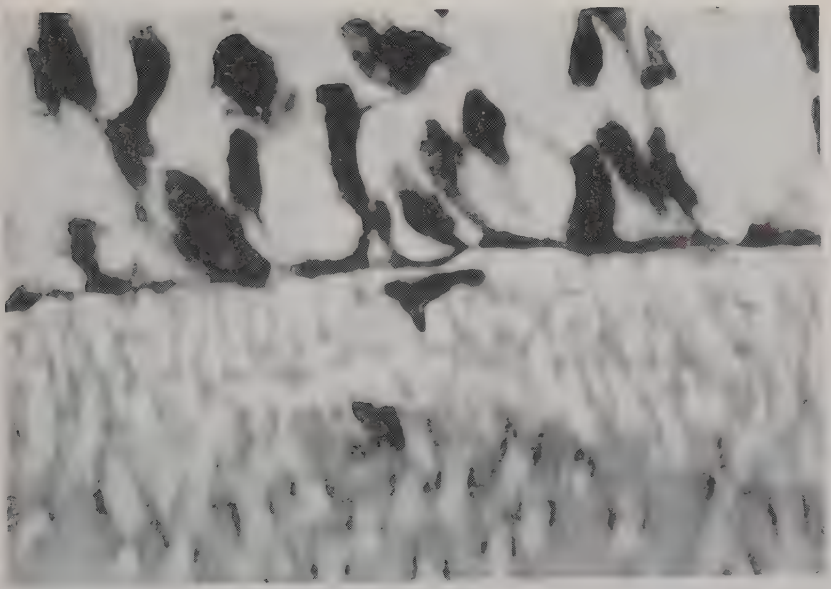


Abbildung 1

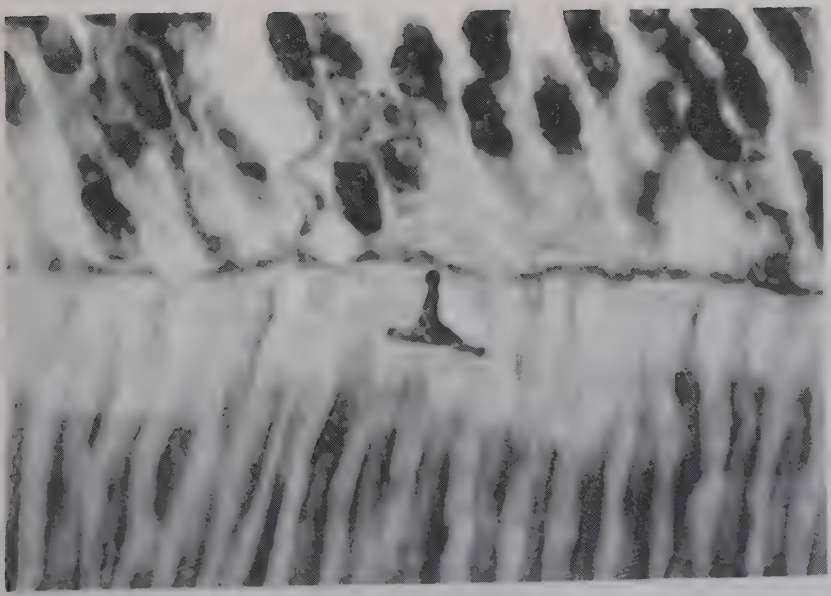


Abbildung 2

Abbildung 3

Versuchstier: KMo 5
Zahn: 13
Zone: 6
Färbung: H&E

Zwei längliche, quer zu den Dentinkanälchen liegende Zellen im Prädentin, die über einen kurzen Fortsatz miteinander verbunden sind.

Abbildung 4

Versuchstier: KMo 2
Zahn: 43
Zone: 2
Färbung: H&E

Sich quer über mehrere Dentinkanälchen erstreckende Zelle im Prädentin.

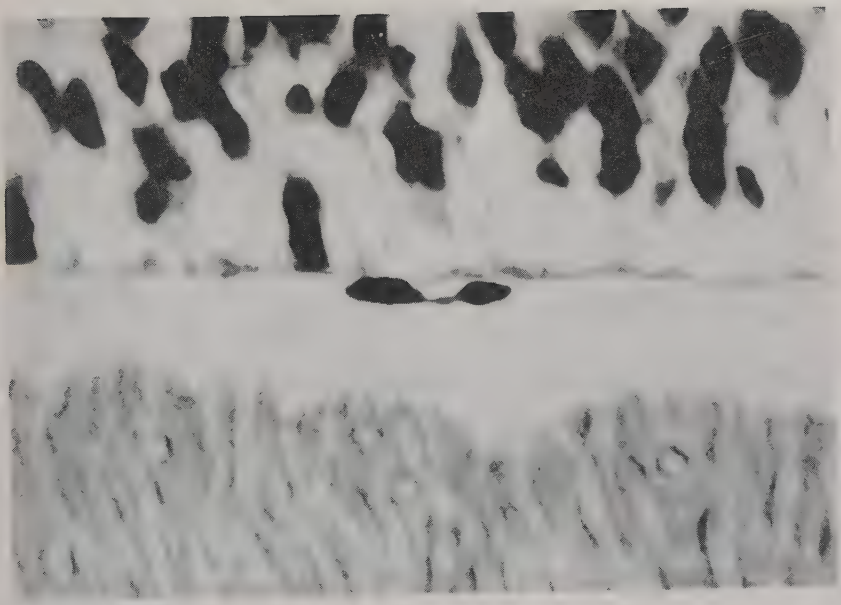


Abbildung 3

Abbildung 4

Abbildung 5

Versuchstier: KMo 3
Zahn: 11
Zone: 6
Färbung: H&E

Zwei längliche Zellen im Prädentin. Die obere Zelle hat zwei Fortsätze, die sich quer über mehrere Dentinkanälchen erstrecken und perlschnurartig Verdickungen aufweisen.

Abbildung 6

Versuchstier: KMo 3
Zahn: 11
Zone: 3
Färbung: H&E

Quer zu den Tubuli liegende Zelle im Prädentin mit einem Fortsatz an der rechten Seite, der die Tubuli ebenfalls rechtwinklig kreuzt.

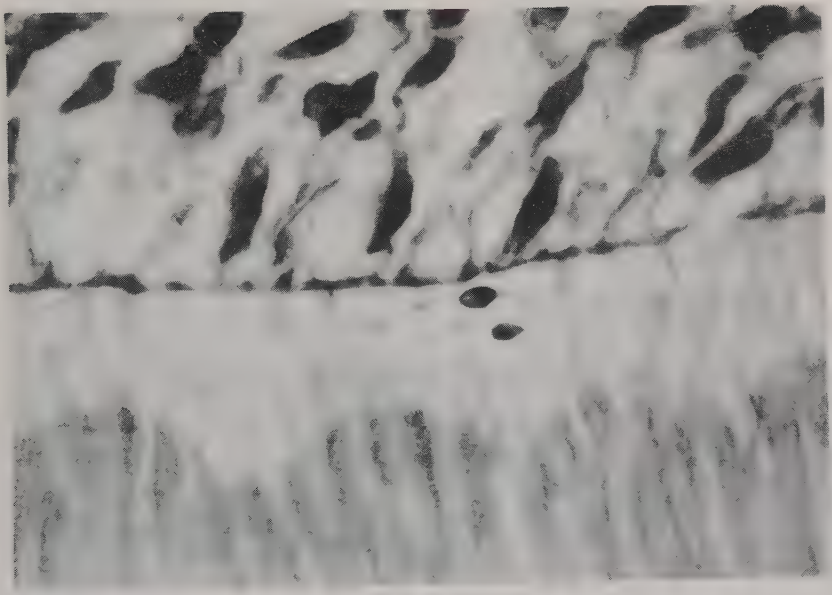


Abbildung 5

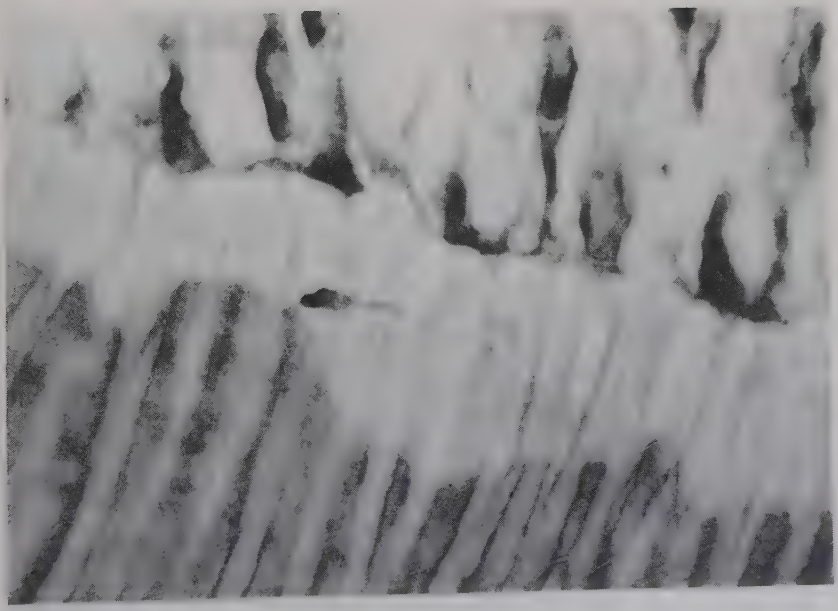


Abbildung 6

Abbildung 7

Versuchstier: KMo 7
Zahn: 13
Zone: 3
Färbung: H&E

Multipolare Zelle im Prädentin mit einem kurzen Fortsatz an der rechten Seite.

Abbildung 8

Versuchstier: KMo 3
Zahn: 11
Zone: 3
Färbung: H&E

Struktur im Prädentin, die nicht ohne weiteres von aspirierten Odontoblasten differenziert werden kann.

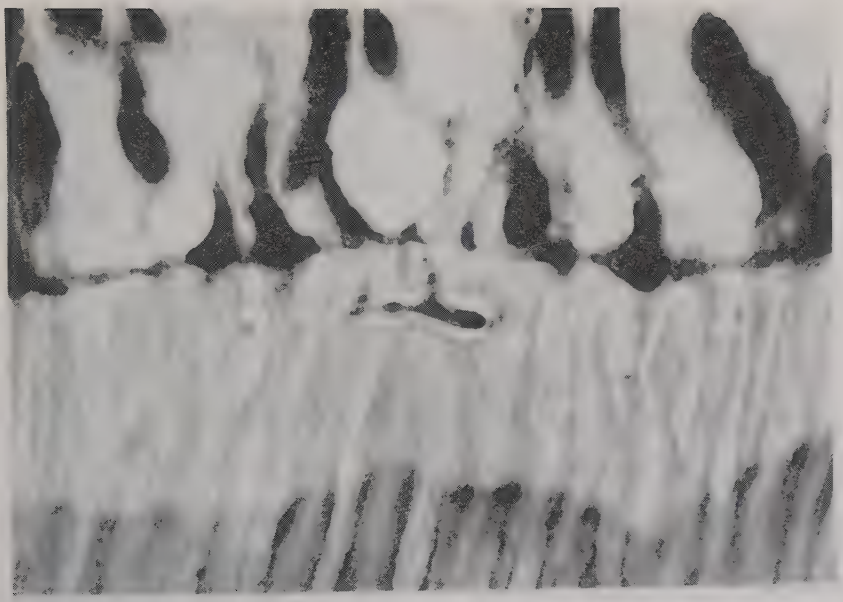


Abbildung 7

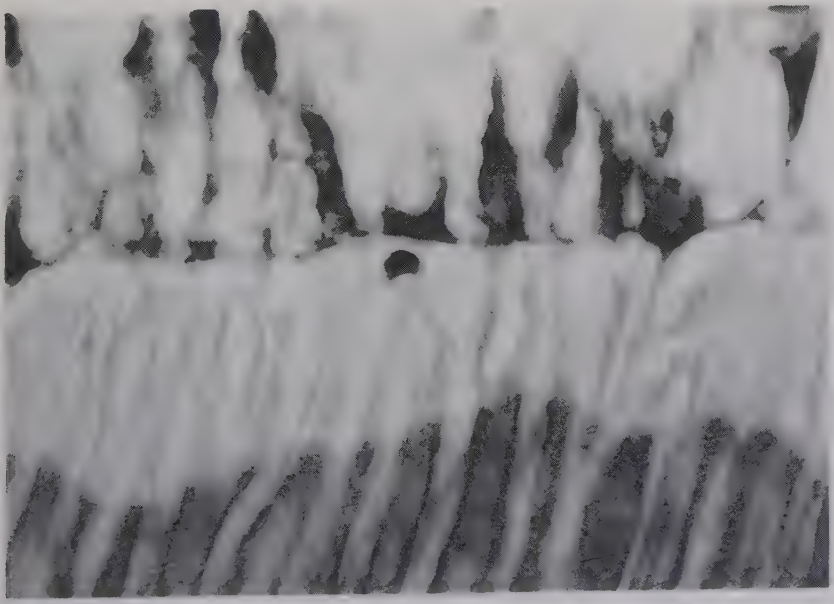


Abbildung 8

Abbildung 9

Versuchstier: KMo 2
Zahn: 43
Zone: 2
Färbung: H&E

Längliche Zelle im Prädentin mit einem langen, s-förmigen Fortsatz, der mehrere Dentinkanälchen kreuzt.

Abbildung 10

Gleiche Zelle wie in Abbildung 9 bei anderer Tiefenschärfe.

Abbildung 9

Abbildung 10

Abbildung 11

Versuchstier: KMo 2
Zahn: 43
Zone: 2
Färbung: H&E

Längliche, quer zu den Dentinkanälchen liegende Zelle im Prädentin mit einem langen Fortsatz an der linken Seite.

Abbildung 12

Gleiche Zelle wie in Abbildung 11 bei anderer Tiefenschärfe. Hier ist der Fortsatz besser zu erkennen.

Abbildung 11

Abbildung 12

Abbildung 13

Versuchstier: KMo 2
Zahn: 43
Zone: 6
Färbung: H&E

Zwei längliche, quer zu den Dentinkanälchen liegende Zellen im Prädentin, die über eine Faser verbunden sind. Die rechte Zelle hat einen zweiten Fortsatz.

Abbildung 14

Gleiche Zellen wie in Abbildung 13 bei anderer Tiefenschärfe.

Abbildung 13

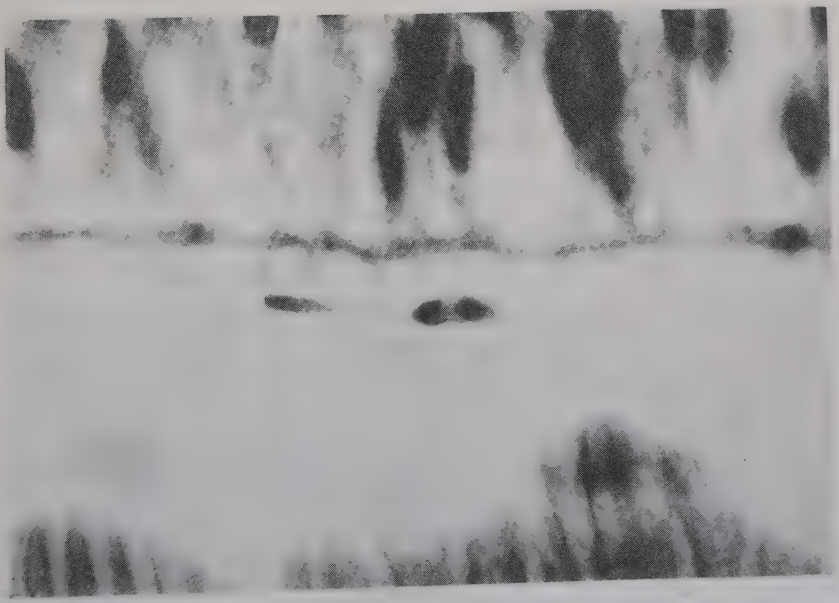


Abbildung 14

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. ANDERSON, D.J., M.P. CURWEN and L.V. HOWARD: The sensitivity of human dentine. J.dent.Res. 37, 669-677 (1958).

2. ANDERSON, D.J., A.G. HANNAM and B. MATHEWS: Sensory mechanisms in mammalian teeth and their supporting structures. Physiol.Rev. 50, 171-195 (1970).

3. ARWILL, T.: Innervation of the teeth. In: Trans.roy.Schools Dent. Stockholm and Umea Nr. 3 (1958).

4. ARWILL, T.: The significance of the innervation of the predentine. Oral Surg. 131, 743-749 (1960).

5. ARWILL, T.: Studies on the ultrastructure of dental tissues. II The predentin-pulpal border zone. Odont. Revy 18, 191-208 (1967).

6. ARWILL, T.: The ultrastructure of the pulpodentinal border zone. In: Symons N.B.B.: Dentine and Pulp. London: Livingstone LTD 1968.

7. ARWILL, T., L. EDWALL, L. OLGART, J. LILJA and S.-E. SVENSSON: Ultrastructure of nerves in the dentinal-pulp border zone after sensory and autonomic nerve transection in the cat. Acta odont.scand. 31, 273-281 (1973).

8. BERNICK, S.: Innervation of the human tooth. Anat.Rec. 101, 81-108 (1948).

9. BERNICK, S.: Innervation of teeth and periodontium after enzymatic removal of collagenous elements. Oral Surg. 10, 323-337 (1957).

10. BERNICK, S.: Innervation of erupted and non-erupted teeth. J.dent.Res. 43, 406-411 (1964).

11. BOCK, O.: Über die Innervation des Dentins. Dtsch.zahnärztl.Z. 15, I, 838-848 und 889-897 (1960).

12. BOLL, F.: Untersuchungen über die Zahnpulpa. Arch.mikr.Anat. 4, 83-87 (1868).

13. BRÄNNSTRÖM, M.: The elicitation of pain in human dentine and pulp by chemical stimuli. Arch.oral Biol. 7, 59-62 (1962).

14. BRÄNNSTRÖM, M. and A. ASTRÖM: A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. J.dent.Res. 43, 619-625 (1964).

15. BRÄNNSTRÖM, M. and R. GARBEROGLIO: The dentinal tubules and the odontoblast process. Acta odont. scand. 30, 291-311 (1972).

16. COCKER, R. and J. HATTON: A note on the innervation of human dentine. J.Anat. (Lond.) 89, 189-192 (1955).

17. DAHL, E.: The structure and distribution of nerves in the pulp dentin organ. Acta odont.scand. 31, 349-356 (1973).

18. DELLOW, P.G. and M.L. ROBERTS: Bradykinin application to dentine: A study of a sensory receptor mechanism. Aust.dent.J. 11, 384-387 (1966).

19. EIFINGER, F.F.: Zum Problem der Pulpa-Dentin-Innervation. Dtsch. Zahn.- Mund.- Kieferheilk. 53, 188-201 (1969).

20. EIFINGER, F.F.: Die Mikromorphologie der menschlichen Zahnpulpa. 1. Auflage München: Hanser 1970.

21. FEARNHEAD, R.W.: Histological evidence for the innervation of human dentine. J.Anat. (Lond.) 91, 267-277 (1957).

22. FEARNHEAD, R.W.: The neurohistology of the human dentine. Proc.roy.Soc.Med. 54, 877-884 (1961).

23. FEARNHEAD, R.W.: Innervation of dental tissue. In: Miles A.E.W.: Structural and Chemical Organization of teeth. Vol. 1 New York and London: Academic Press 1967

24. FEARNHEAD, R.W. and J.E. LINDER: Observations on the silver impregnation of nerve fibres in teeth. J.Anat. (Lond.) 90, 228-235 (1956).

25. FRANK, R.M.: Electron microscopical evidence of human dentine innervation. J.dent.Res. 44, 1142-1143 (1965).

26. FRANK, R.M.: Etude au microscope électronique de l'odontoblaste e du canalicule dentinaire humain. Arch.oral Biol. 11, 179-199 (1966).

27. FRANK, R.M.: Ultrastructural relationship between the odontoblast, its process and the nerve fibre. In: Symons N.B.B.: Dentine and Pulp. London: Livingstone LTD 1968.

28. FRANK, R.M.: Morphological basis of dental sensitivity. Int.dent.J. 22, 1-19 (1972).

29. HELD, A.J. and C.A. BAUD: The innervation of the dental organ. Oral Surg. 8, 1262-1269 (1955).

30. HENSEL, H. and G. MANN: Pain in human teeth caused by temperature variations and heat conduction. Stoma 9, 76-85 (1956).

31. HORIUCHI, H.: Sensory function of dentine and pulp. Bull.Tokyo med.dent.Univ. 21, Suppl (o) 16-18 (1974).

32. a) KLÖTZER, W.T.: Tierexperimentelle Prüfung von Materialien und Methoden der Kronen- und Brückenprothetik. Tübingen: Habilitationsschrift 1971.

b) KLÖTZER, W.T. und K. LANGELAND: Tierexperimentelle Prüfung von Materialien und Methoden der Kronen- und Brückenprothetik. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 83, 163-244 (1973).

33. LANGELAND, K. and L.K. LANGELAND: Pulp reactions to cavity and crown preparation. Aust.dent.J. 15, 261-276 (1970).

34. LANGELAND, K. and T. YAGI: Investigations on the innervation of teeth. Int.dent.J. 22, 240-269 (1972).

35. NAYLOR, M.N.: Studies on the mechanism of sensation to cold stimulation of human dentine. In: Anderson, D.J.: Sensory Mechanisms in Dentine Oxford: Pergamon press 1963.

36. PHILLIPP, J.J.: Extent of distribution of nerve fibres in the human tooth. J.Amer.dent.Ass. 50, 22-34 (1955).

37. POWERS, M.M.: The staining of nerve fibres in teeth. J.dent.Res. 31, 383-395 (1952).

38. RAPP, R., J.K. AVERY and R.H. RECTOR: A study of the distribution of nerves in human teeth. J.Canad.dent.Ass. 23, 447-453 (1957).

39. ROUNE, J.B., D.W. FOREMAN, R.L. MELFI and F.J. MARSHALL: A ultrastructural study of dentinal innervation in the adult human tooth. Oral Surg. 35, 94-104 (1973).

40. SACHS, L.: Angewandte Statistik. 4. Aufl. Berlin - Heidelberg - New York: Springer-Verlag 1973.

41. SAYEGH, F.S. and A.J. REED: Analysis of histological criteria commonly used in pulp studies. Oral Surg. 37, 457-462 (1974).

42. SELTZER, S.: Hypothetic mechanisms for dentine sensitivity. Oral Surg. 31, 388-399 (1971).

43. STEWART, J.M. and K. LANGELAND: Evidence of multipolar neurons in predentine. IADR 47th General meeting proceedings manual. In: J.dent.Res. 48, 90. (abstract 198) (1969).

Herrn Prof. Dr. Dr. W. T. Klötzer danke ich für die Überlassung des Themas und die Unterstützung während der Durchführung der Arbeit.

Herrn Schubring und Herrn Hahn vom Zentrum für Datenverarbeitung der Universität Tübingen gilt mein Dank für die Beratung bei der Statistik.

LEBENSLAUF

Am 21. Juni 1949 wurde ich, Klaus Mayer, als Sohn des Kaufmanns Erich Mayer und seiner Ehefrau Hedy Mayer, geb. Reiber, in Stuttgart geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Stuttgart von 1956 bis 1960 trat ich 1960 in das Friedrich-Eugens-Gymnasium ein, wo ich 1968 mein Abitur ablegte.

Vom Wintersemester 1968 bis zum Sommersemester 1973 studierte ich an der Universität Tübingen Zahnheilkunde, wo ich am 5. Dezember 1973 mein Staatsexamen ablegte.

Seit dem 1. Februar 1974 war ich an verschiedenen Stellen in der freien Praxis tätig und ein Jahr wissenschaftlicher Angestellter in der Prothetischen Abteilung des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Tübingen.

Druck: Polyfoto - Dr. Vogt KG
Forststraße 58, 7000 Stuttgart 1
Telefon 0711/ 61 06 41 / 42

Druck: Polyfoto - Dr. Vogt KG
Forststraße 58, 7000 Stuttgart 1
Telefon 0711/ 61 06 41 / 42